



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

안면부여과식 마스크 착용자의
작업동작에 따른 **SWPF(Simulated
Workplace Protection Factor)** 평가

연세대학교 보건대학원
산업환경보건학과 산업보건전공
이 아 름

안면부여과식 마스크 착용자의
작업동작에 따른 **SWPF(Simulated
Workplace Protection Factor)** 평가

지도 원 종 욱 교수

이 논문을 보건학석사학위 논문으로 제출함

2016년 12월

연세대학교 보건대학원
산업환경보건학과 산업보건전공
이 아 름

이아름의 보건학석사 학위논문을 인준함

심사위원 원종욱 
심사위원 노재호 
심사위원 윤진하 

연세대학교 보건대학원

2016년 12월 일

감사의 글

연세대학교 보건대학원에 진학한지가 엇그제 같은데 벌써 2년 6개월의 시간이 지나 대학원 생활을 마무리하게 되었습니다. 많은 분들의 응원과 격려 덕분에 무사히 졸업할 수 있었습니다.

본 논문이 완성되는 마지막 순간까지 세심하게 지도해주시고 신경써주신 원종욱 교수님께 진심으로 감사드립니다. 또한 놓치기 쉬운 부분을 지도해주시고 주제선정에 관심을 가져주신 노재훈 교수님, 논문의 분석방향을 지도 조언해주신 윤진하 교수님께 감사드리며, 항상 좋은 기운을 주시고 친근함과 푸근함의 인상으로 기억에 남을 김치년 교수님께도 감사의 말씀 드립니다.

전문성과 열정을 느끼게 해주시고 많은 배려와 도움을 주신 직장 선후배, 동료분들께도 깊이 감사드립니다.

직장과 학업을 병행하면서 바쁘게 보냈지만 끈끈한 동기애로 서로 의지가 되어주었고, 유일한 여자 동기 챙겨주느라 고생이 많았을 류한수, 신오성, 김성훈 동기 분들 덕분에 대학원 생활하는 내내 정말 즐거웠습니다. 졸업 진심으로 축하드립니다.

항상 응원해주는 정소연, 깊은 공감과 의지가 되었던 전경진, 대학원 생활의 네비게이션 진혜란, 열정과 자극을 늘 공유하는 신명진, 아낌없는 응원과 격려로 힘이 되어 준 친구들과 지인 분들 모두에게 이 고마움을 전합니다.

마지막으로 끝없는 믿음과 사랑을 주시고 삶의 지혜를 주시는 아버지, 어머니..그리고 볼 때마다 다투지만 사실 제일 아끼는 내 동생 모두에게 진심으로 감사하고 사랑합니다.

2016년 12월 이아름 사림

제 목 차 례

제목차례	i
표 차례	iii
국문요약	iv
I. 서론	1
II. 연구대상 및 방법	5
2.1. 연구 대상	5
2.2 연구 방법	5
2.2.1. 장비 및 마스크 선정	5
2.2.2. 설문조사	6
2.2.3. 측정방법	6
2.2.4. FF Exercise	8
2.2.5. SWPF Exercise	9
2.2.6. 분석방법	11
III. 연구결과	12
3.1. 일반적 현황	12
3.2. 설문지 분석	13
3.2.1. 호흡보호구 관련 인식수준	13
3.2.2. 교육 전 밀착계수와 마스크 크기 인식정도	14

3.2.3. 교육 이수여부에 따른 Overall FF와 Overall SWPF의 비교	14
3.3. 정상호흡을 통한 밀착도 검사 시 교육 전 · 후 비교	16
3.3.1. 마스크의 착용방법에 대한 교육 전 · 후 비교	16
3.3.2. 연령별 교육 전 · 후 비교	18
3.4. FF 검사	19
3.4.1. 동작 간 비교	19
3.4.2. 정상호흡 간 비교	20
3.4.3. 밀착도에 영향을 많이 주는 동작 간 비교	20
3.5. SWPF 평가	21
3.5.1. 동작 간 비교	21
3.5.2. 밀착도에 영향을 많이 주는 동작 간 비교	22
3.6. FF 와 SWPF 간의 비교	23
3.7. 실시간 SWPF 평가	25
IV. 고 찰	27
V. 결 론	31
참고문헌	33
Abstract	36

표 차 례

Table 1. General characteristics of study subjects	12
Table 2. Comparison on the Fit-test before and after training	17
Table 3. Result regression of Overall FF exercise	20
Table 4. Result resgression of Overall SWPF exercise	22
Table 5. Comparison of exercise Overall SWPF by fit test result	24
Table 6. Real-time variation of each SWPF exercise	25

그림 차례

Figure 1. PortaCount Pro+ 8038, TSI	6
Figure 2. Facepiece respirator	6
Figure 3. SWPF exercise	10
Figure 4. Factors related respiratory protection equipment study subjects	13
Figure 5. Recognition of mask size	14
Figure 6. Comparison on the Fit-test education about respirator	15
Figure 7. Result of fit test before and after training	16
Figure 8. Result of fit test before and after by age	18
Figure 9. Variation of between FF's exercise	19
Figure 10. Comparison between fit factor of normal breathing	20
Figure 11. Variation of between SWPF's exercise	21

Figure 12. Comparison between fit factor of Overall FF and Overall SWPF	23
Figure 13. Comparision of exercise Overall FF and Overall SWPF by fit t est	24
Figure 14. 7 Parts exercise of SWPF	25
Figure 15. Movement pictures of a real time SWPF	26

국 문 요 약

호흡보호구가 효과적으로 유해물질 노출로부터 근로자를 지키기 위해서는 안면부와 밀착도가 중요하다. 본 연구의 목적은 호흡보호구의 보호 효과를 효과적으로 판단하기 위한 밀착도 검사 방법을 제안하는데 있다.

안면부 여과식 방진마스크를 착용하는 근로자 26명을 대상으로 설문조사 및 교육 전·후 밀착도 검사, 교육 후 통과자 15명에 대하여 밀착계수(FF) 검사와 모의작업장보호계수(SWPF) 검사를 실시하였다.

설문조사 결과 호흡보호구 착용 교육을 받아본 적이 있는 근로자는 받은 적이 없는 근로자보다 1.1배 밀착계수가 높았다. 교육 전·후 밀착계수 비교를 통해 6.4배의 교육 효과를 볼 수 있었으며 연령이 낮을수록 교육의 효과가 높았다($p=0.03$). 작업동작별 밀착도 검사에서 FF 검사의 경우 동작 전 정상호흡, 깊은호흡, 대화, 머리 상·하, 동작 후 정상호흡, 머리 좌·우, 숙이기 순으로 밀착이 되었으며 SWPF 평가의 경우 대화(지시), 용접, 도장, 중량물 운반, 절단, 포장, 그라인딩 순이었다. 공통적으로 허리를 반복적으로 굽히는 동작이 마스크가 흐트러져 안면부와의 밀착을 떨어뜨렸다. FF와 SWPF 평가 간 비교를 통해 SWPF가 FF 검사에 비해 1.9배 낮은 밀착도 결과를 보여주었다($p=0.004$).

따라서 호흡보호구 착용에 대한 정기적인 교육이 필요하고, 밀착도 검사 시 FF 검사 뿐만 아니라 SWPF 평가가 실제 동작에 대한 평가로 더 중요시 되어야 할 것이다.

핵심어 : 밀착도 검사, 밀착계수, 모의작업장보호계수, 안면부 여과식 방진마스크, FF, SWPF

I . 서 론

공기 중 비산되는 유해물질의 인체 침입 주경로는 호흡기이며, 호흡보호구는 근로자를 유해환경에서 보호해 줄 수 있는 최후의 수단중 하나이다(NIOSH, 1987). 정화통(cartridge)을 포함한 반면형 마스크와 일회용(disposable) 분진마스크를 포함하여 공기정화용 보호구는 대부분 산업현장에서 이용되는 호흡보호구에서 가장 일반적인 형태이다(Laird 등, 1993). NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health)의 42 CFR 84 규정은 효율 정도(95%,99%와 99.97%)와 사용에 따른 저항 증가의 분류(N, R과 P)에 따라 호흡보호구를 9가지로 분류하였다. 분류 N은 저항이 최소저항성, P는 최고 저항성을 나타낸다. N95 호흡보호구로 분류된 일회용 분진마스크는 95% 효율을 지닌 최소 저항성의 호흡용 보호구로 분류된다. 일회용 방진 마스크는 근로자들의 유해물질 노출에 대하여 보호할 수 있겠지만 올바른 밀착도 검사 제한점에 대한 인식 및 적절한 착용이 이루어지지 않으면 유해물질 노출로부터 제대로 보호할 수 없다(이기영, 2002).

호흡기 보호구가 제공하는 보호 정도는 착용자의 안면에 얼마나 적합하게 밀착되는지 그 밀착 여부에 달려있다. 오염물질이 호흡기 보호구 안으로 누설되는 경로는 다음과 같다(Kolesar, 1982). (1)파손된 부분으로 침투, (2)배기 밸브를 통한 침투, (3)파손된 부분으로 침투, (4)얼굴과 접촉된 부분으로 누설(face seal leakage). 이 중에서 ‘얼굴과 접촉된 부분을 통한 누설 여부를 검사하는 것’을 밀착도 검사(Fit test)라고 하며 이미 미국, 영국을 포함한 선진국에서는 이를 법으로 제도화 하여 호흡기 보호구를 착용하는 모든 작업자들은 1년에 1회 이상 반드시 밀착도 검사를 받아야 한다(NIOSH, 1987; Canadian Standards Association, 1993; Standards Australia and Standards

New Zealand, 1994). 유럽에서는 밀착도 검사와 유사하지만 측정 방법에서 약간의 차이가 있는 총 누설률(TIL, Total Inward Leakage Test)이라는 방법을 사용하여 호흡기보호구를 개발 후 판매허가를 받기 위해 반드시 검정시험인 TIL을 통과해야 한다(European Standards, 1989). 현재 국내에서는 유럽 법(EN 규정)을 따라 제조업체에서 한 제품을 개발한 후 판매하기 전에 검정시험을 한다. 이때 밀착성과 투과성을 종합적으로 평가하여 제품에 대한 성능 유지에 중점을 두어 누설 여부를 확인하는 총 누설률 테스트(TIL)를 시행하고 있다(고용노동부, 2014). 그러나 TIL은 실제 호흡보호구 착용자와 호흡보호구 면체간의 밀착과는 거리가 있다고 볼 수 있다. 국내에서는 아직 호흡보호구 밀착도 검사를 포함한 호흡기 보호에 관한 시행규정은 없는 실정이다. 다만 한국산업안전보건공단의 호흡용보호구 사용지침(한국산업안전보건공단, 2015)에서 권고 수준으로 명시되어 있다.

얼굴의 접촉면과 호흡보호구의 안면부가 적합하게 밀착되지 않으면 보호구와 피부 접촉면 사이로 오염물질의 누설현상(Face seal leakage)이 생기는데 심할 경우 호흡보호구를 착용하더라도 작업자는 심각한 정도로 오염물질에 노출된다(한돈희, 1996).

따라서 밀착도 검사의 목적은 유해한 작업환경에 들어가기에 앞서 최소의 적합도를 만족시켜주고 어떻게 착용했을 때 가장 적합한지를 작업자에게 확인하여 근로자의 건강을 보호하기 위함이다(Colton 등, 1991). 한국산업안전보건공단(2014)에 따르면 밀착도 검사는 고효율 호흡보호구를 처음으로 사용하거나, 사용 중이라도 착용자의 얼굴 모양의 변화가 생겼거나, 사용하던 호흡보호구의 종류나 크기에 변화가 발생하였거나, 이러한 변화가 없는 경우라도 시간의 경과에 따라 주기적으로 시행하여야 한다. 일반 작업장에서는 1회/년 이상, 독성이 강한 유해물질 취급 시에는 2회/년 이상 밀착도 검사가 이루어질 수 있도록 권고하고 있다(한국산업안전보건공단, 2014). 밀착도 검사 방법

은 냄새, 맛, 자극 물질을 이용한 정성적인 방법(QLFT)과 보호구의 안과 밖에서 농도의 차이나 압력의 차이로 밀착정도를 수치로 나타내는 정량적인 방법(QNFT)으로 나눌 수 있다(한돈희 등, 1996).

정성적 방법은 현장에서 신속하게 이루어질 수 있고 저비용이지만 착용자의 주관적인 반응에 의존하기 때문에 신뢰성에 문제가 될 수 있다(NIOSH 2, 1987). 정량적 방법은 측정물질 자체를 공기 중에 비산되어 있는 에어로졸을 사용하여 호흡보호구의 안과 밖의 농도를 측정 후 비로 나타내어 다음 식(1)과 같이 Fit Factor(FF)값을 산출하는 것으로 현재 가장 보편화 되어있다(한돈희 등, 1996).

$$\text{Fit Factor} = \frac{C_o}{C_i} \dots\dots\dots (1)$$

C_o : 호흡보호구 밖의 에어로졸 농도

C_i : 호흡보호구 안의 에어로졸 농도

FF 값은 높을수록 안면과 보호구간의 적합정도가 우수하다고 볼 수 있으며 OSHA와 ANSI의 기준 모두 반면형 마스크의 경우 100으로 규정하고 있다(OSHA 29 CFR 1910.134, 1998; ANSI Z88.2, 1992).

또한 정량적 밀착도 검사 방법은 일반적으로 8가지 동작을 수행하여 각 운동에 따른 각각의 Fit Factor를 구한 후, 다음 식(2)에 적용하여 Overall FF로 구한 값을 통상 Fit Factor(FF)라고 한다(한돈희 등, 1996).

$$\text{Overall FF} = \frac{n}{\left(\frac{1}{ff_1} + \frac{1}{ff_2} + \dots + \frac{1}{ff_n}\right)} \dots\dots\dots(2)$$

ff = 각 동작 수행시 fit factor

n = 동작의 수

한편 FF는 측정 당시 조건하에서 이루어지는 안면과 보호구 사이의 밀착정도를 나타내어 주는 것으로 실제 작업장에서는 안면근육 움직임, 안면부의 땀과 먼지, 사업장 환경 등 많은 요인들이 작용한다(한돈희, 1996). 따라서 FF로는 업종별, 근무형태별, 실제 작업에 따른 근육 움직임들에 의한 밀착도와 실제 동작들을 정확하게 재현할 수 없다.

호흡보호구 착용 후 작업하는 근로자는 실제 근무시간 동안의 밀착도를 측정하는 것이 매우 중요하다. 실제 작업장에서 보호구 밖과 안의 농도비를 Workplace Protection Factor(WPF)라고 하며(Mayers 등, 1983), WPF에 대한 연구는 상대적으로 많이 이루어지지 않아 기초자료가 부족한 실정이다. 작업장의 환경 및 동작을 재현하여 측정하는 방법을 Simulated Workplace Protection Factor(SWPF)라고 하며 실제 작업장에서 밀착정도 판단하는데 어려움을 보완한 평가방법이다(김현욱, 2001; 한돈희, 2004). NIOSH에서는 모의 작업장보호계수 평가가 호흡보호구 검정 시험에 포함되어야 한다고 설명하고 있다(NIOSH, 1987).

따라서 본 연구에서는 안면부 여과식 방진마스크를 착용하는 근로자를 대상으로 설문지를 이용한 호흡보호구 착용인식 수준 및 밀착인식 수준 등에 대하여 조사하고 FF와 SWPF의 관계를 비교해보기 위해 가상의 공정별 대표 동작 7가지를 선정하여 실시간으로 밀착정도를 보고자 한다.

II. 연구 대상 및 방법

2.1. 연구대상

사업장 교육 시 사전 공고를 통해 안면부 여과식 방진마스크를 착용하는 근로자 중 올바른 호흡보호구 착용 방법에 대하여 관심있는 근로자를 모집하여 16개 사업장에서 26명이 연구에 참여하였다.

지원자 26명 중 정상호흡을 통한 실시간 밀착도 검사 방법으로 교육 전 밀착도와 교육 후 착용에 대한 밀착도를 바탕으로 통과된 피험자($FF > 100$) 15명을 대상으로 FitFactor(FF) 검사 및 Simulated Workplace Protection Factor(SWPF)를 실시하였다.

2.2 연구방법

2.2.1. 장비 및 마스크 선정

측정장비는 가장 많이 사용되고 있는 미국 TSI사의 PortaCount Pro+ 8038을 휴대용 PC에 연결하여 사용하였다. 측정원리는 광도계가 감지할 수 없는 매우 미세한 공기 중의 에어로졸에 알코올을 증발시켜 에어로졸 핵 주위에 응결이 이루어지면서 점점 커진다. 커진 에어로졸 입자를 레이저빔이 감지하여 측정한다(Han, 1997). 호흡보호구는 컵형과 접이식 방진마스크 중 교정이 수월하고 일반적으로 많이 지급되고 있는 컵형 마스크를 선정하였다. 한국산업안전보건공단 안전인증 된 제품으로 국내에서 시판되고 있는 3M사의 8822 1급 안

면부 여과식 방진마스크(10-AV4CT-0345)를 사용하였다.



Fig 1. PortaCount Pro+ 8038, TSI



Fig 2. Facepiece Respirator

2.2.2. 설문조사

본 연구에서는 측정 전 연구대상자 26명에 대하여 보호구 착용실태 2문항, 착용인지도 6문항, 밀착인지도 6문항으로 구성된 총 14 문항의 설문지를 연세대학교 보건대학원 생명윤리심의위원회에 승인(2-1040939-AB-N-01-2016-321) 받아 배포하였다.

착용 여부, 착용 시 사업장에서 사용하는 보호구 종류, 미착용 시 그 이유 등 관련 내용이 담긴 착용실태 2문항과 호흡보호구 관련 교육 이수여부, 교육 횟수, 보호구 착용상황, 올바른 착용에 대한 인식 관련 내용의 착용인지도 6문항, 밀착도 검사 필요여부에 따른 인식, 밀착도 검사 인식, 동작에 따른 밀착수준 등에 대한 밀착인지도 6문항의 설문지를 자기기입식으로 응답하도록 하였다. 26개 설문지를 회수 후 설문분석을 위해 응답지 별 점수를 부여하였고 각각의 인지도 별로 10점 만점 환산하여 분석하였다.

2.2.3. 측정방법

연구대상자는 정확한 측정을 위해 30분 전에는 흡연을 하지 않도록 하였으며, 남성의 경우 턱수염이나 구레나룻 등이 있거나, 여성의 경우 화장을 하였을 경우 등 안면부 밀착에 방해되는 요소들을 차단하기 위해 사전에 공지하였다. 또한 보호구 착용 시 주의 사항과 모의 작업동작에 대하여 충분한 설명을 하였다.

밀착도 검사 시 통과 기준의 밀착계수는 OSHA 기준에 따라 100이상으로 적용하였다. 연구대상자는 평소 착용방법으로 자유롭게 착용하도록 하여 밀착도 검사를 실시하였고, 호흡보호구 착용의 중요성 및 올바른 착용방법에 대한 교육을 진행 후 재 측정하였다. 그 중 밀착계수가 100이상인 15명을 선정하여 FF 및 SWPF를 실시하였다.

선별된 근로자를 대상으로 OSHA의 QNFT(Quantitative Fit Testing) protocol 기준에 따른 8가지 동작으로 FF검사를 실시하였다. 그 중 밀착도가 깨지기 쉬운 찜그림의 동작은 밀착계수 비교하는 의도와는 거리가 멀어서 제외하였고 총 7가지 동작에 대한 밀착도 검사를 하였다. 측정시간은 동작별 60초 동안 진행이 되며 최종적으로는 계산식에 따라 Overall Fit Factor가 계산되어 밀착도가 평가된다.

측정 후 안면부와 보호구 간 흐트러진 상태를 올바르게 재 착용하여 SWPF(Simulated Workplace Protection Factor)를 실시하였다. SWPF 동작은 사업장에서 대표적으로 이루어지는 작업에 대한 총 7가지 동작을 선정하였다. 일관된 동작을 재현하기 위해 동작별 동영상상을 통해 그대로 시뮬레이션 할 수 있도록 하였다. 측정시간은 5초/동작 마다 밀착정도를 실시간으로 측정하여 한 동작 당 60초간 측정하였다. SWPFs는 측정된 마스크 내부 농도와 공기 중 입자 농도의 결과를 통해 다음 식(3)에 따라 산출하였다.

$$SWPF = \frac{C_A}{C_B} \dots\dots\dots (3)$$

C_A : 공기 중 입자 농도

C_B : 마스크 내부 입자 농도

그리고 각 SWPF에 대한 Overall SWPF는 다음 식(4)에 따라 산출하였다 (Matthew G, 2007).

$$\text{Overall SWPF} = \frac{n}{(\frac{1}{swpf_1}) + (\frac{1}{swpf_2}) + \dots + (\frac{1}{swpf_n})} \dots\dots\dots (4)$$

$swpf$ = 각 동작 수행 시 산출된 SWPF

n = 동작의 수

2.2.4. FF Exercise

- 1) 정상호흡 : 평소대로 정상 호흡한다.
- 2) 심호흡 : 심호흡을 길게 한다.
- 3) 머리 좌우 : 좌우로 천천히 움직이면서 정상적으로 호흡한다. 목 근육이 당길 정도로 좌우로 멀리 움직이며 동작 시 잠깐 멈추면서 호흡한다.

- 4) 머리 상하 : 천장과 바닥을 교대로 보면서 정상적으로 호흡한다.
- 5) 말하기 : 준비된 문장을 읽으며 큰 소리로 말한다.
- 6) 숙이기 : 정상적인 호흡을 하면서 손을 아래로 뻗어 허리를 구부리고 일어나는 동작을 반복한다.
- 7) 정상호흡 : 정상적으로 호흡한다.

2.2.5. SWPF Exercise (Fig 3)

- 1) 중량물 운반 : 바닥에 놓여있는 무거운 물체를 들었다 놓으며 운반하는 동작을 취한다.
- 2) 도장 : 머리와 몸통을 상하/좌우로 천천히 움직이는 동작을 취한다.
- 3) 그라인딩 : 쪼그려 앉아 팔을 상하/좌우로 움직이며 그라인딩하는 동작을 취한다.
- 4) 절단 : 상체를 30도 이상 숙여 작업대 위에 있는 물체를 절단하는 동작을 취한다.
- 5) 지시 : 준비된 문장을 멀리 있는 작업자에게 지시하는 듯한 소리로 크게 말한다.
- 6) 용접 : 머리 위쪽에서 작업이 이루어 질 수 있도록 고개를 젖혀 팔을 들고 용접하는 동작을 취한다.
- 7) 포장 : 상체를 90도 숙이고 펴는 동작으로 상자를 포장하는 동작을 취한다.



Fig 3. SWPF Exercise

2.2.6. 분석방법

대상자의 일반적 현황은 빈도 분석 및 백분율로 나타내었다. 측정 자료의 통계분석은 SAS ver 9.2를 이용하여 실시하였으며, 안면부 여과식 방진마스크의 착용방법에 대한 교육 전·후 비교 및 동작 간 비교는 밀착계수가 대수 정규 분포를 따르는 것으로 나타나 기하평균(Geometric mean, GM)과 기하표준편차(Geometric standard deviation, GSD)로 구하였다. 그리고 Wilcoxon 검정으로 유의성 검정을 실시하였고 유의 수준은 $p=0.05$ 로 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

3.1 일반적 현황

본 연구에 참여한 연구대상자는 총 26명이며, 일반적인 특성은 Table 1에 나타내었다. 남성이 15명으로 전체 연구대상자의 57.7% 차지하였다. 연령대는 45세 기준으로 각각 13명씩 차지하였다. 연구대상자의 근속년수는 1년 미만 2명(7.7%), 1년 이상 5년 미만이 11명(42.3%)으로 가장 높은 비율을 차지하였다. 5년 이상 10년 미만은 8명(30.8%), 10년 이상 15년 미만 1명(3.8%), 15년 이상 4명(15.4%)이 차지하였으며, 고용 형태는 정규직이 18명(69.2%), 비정규직이 8명(30.8%)인 것으로 조사되었다.

Table 1. General characteristics of study subjects

Classification		N	%
Gender	Male	15	57.7
	Female	11	42.3
Age	<45	13	50
	45 ≤	13	50
Years of Experience	1 >	2	7.7
	1-4	11	42.3
	5-9	8	30.8
	10-14	1	3.8
	15 ≤	4	15.4
Type of Employment	regular	18	69.2
	non-regular	8	30.8

3.2 설문지 분석

3.2.1 호흡보호구 관련 인식수준

연구대상자 26명에 대한 호흡보호구 착용 실태, 인식수준, 밀착인식수준에 대한 14개 문항 중 일부를 점수화하였다(Fig 4). 10점 만점 중 착용실태는 7.9점, 착용인식수준 4.9점, 밀착인식수준 7.8점으로 평가되었고, 11명에 대한 호흡보호구를 착용하지 않는 이유는 답답하고 호흡이 곤란해서 4명, 도움이 되지 않아서 3명, 안경의 김 서림과 얼굴 및 머리가 조여서 각 2명, 그 외 얼굴에 맞지 않아서, 보호구 안 습기가 차서, 땀이 많이 나서 각각 1명의 복수응답으로 조사되었다.



Fig 4. Factors related respiratory protection equipment of study subjects

3.2.2 교육 전 밀착계수와 마스크 크기 인식정도

평상시 호흡보호구 착용 시 자신의 얼굴 크기에 잘 맞다라고 생각하는 근로자는 34.6%, 얼굴보다 큰 것 같다 15.4%, 얼굴보다 작은 것 같다 3.8%, 잘 모르겠다 46.2%로 나타났다(Fig 5). 하지만 얼굴에 잘 맞다라고 응답한 근로자 9명에 대하여 실제로 마스크 착용 습관(교육 전)과의 밀착계수를 분석해 본 결과 48.1로 기준보다($FF > 100$) 현저히 낮았다. 이를 통해 마스크가 자신의 얼굴에 맞는 사이즈인지에 대한 인식정도가 낮음을 알 수 있다.

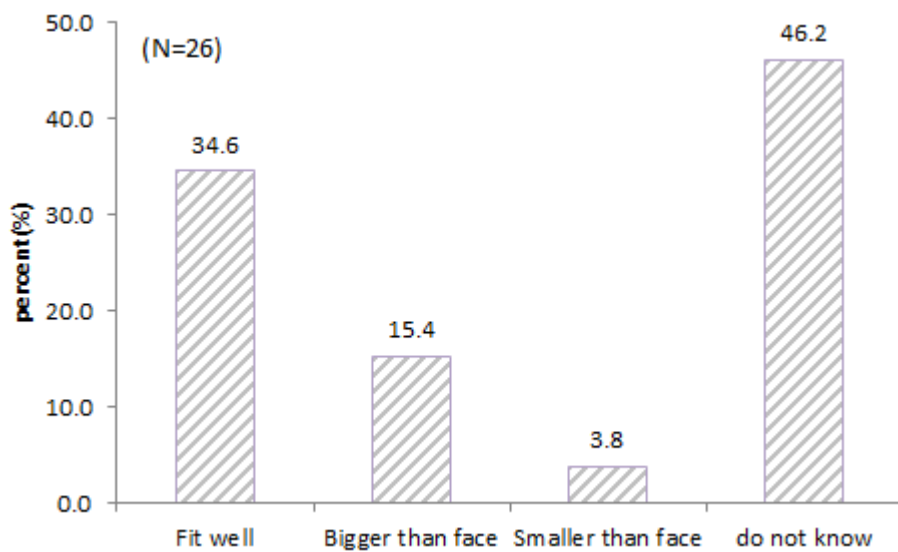


Fig 5. Recognition of mask size

3.2.3 교육 이수여부에 따른 Overall FF와 Overall SWPF의 비교

호흡보호구의 올바른 착용관련 교육 이수여부에 따라 Overall FF와 Overall SWPF를 Fig 6 와 같이 비교해보았다. 우선, FF의 경우 교육을 받아본 적이 있는 근로자는 106.4, 관련 교육을 받지 못한 근로자는 88.0으로 큰 차이를 보였으며, SWPF는 53.5와 48.7 로 비교적 차이가 있음을 확인할 수 있다.

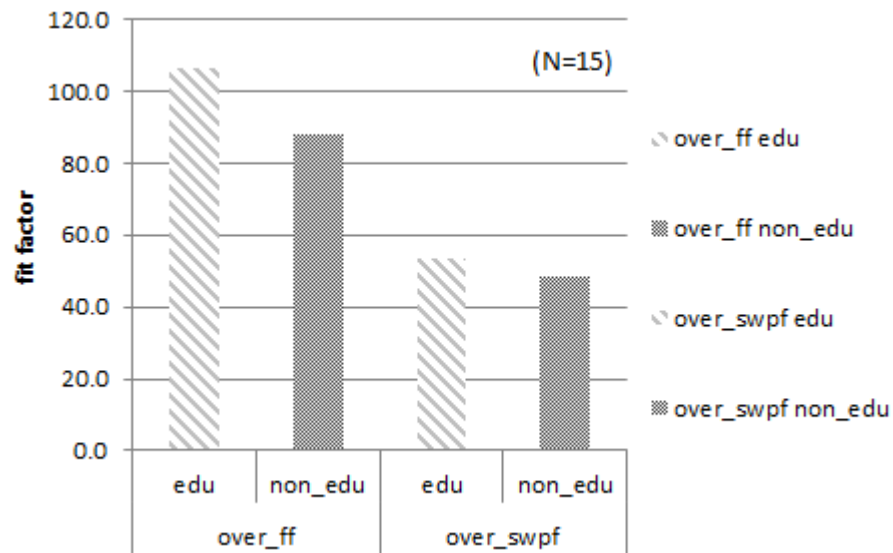


Fig 6. Comparison on the Fit-test education about respirator

3.3 정상호흡을 통한 밀착도 검사 시 교육 전 · 후 비교

3.3.1 마스크의 착용방법에 대한 교육 전 · 후 비교

안면부 여과식 방진마스크의 착용방법에 대한 교육 전 · 후 밀착계수는 Fig 7에 표시하였다. 교육 전 평소에 착용 습관을 통한 검사 결과 밀착계수가 3명을 제외한 나머지 근로자는 모두 밀착도 100 이하로 상당수를 차지하였으나, 교육 후 밀착도는 전체적으로 크게 상승하였다.

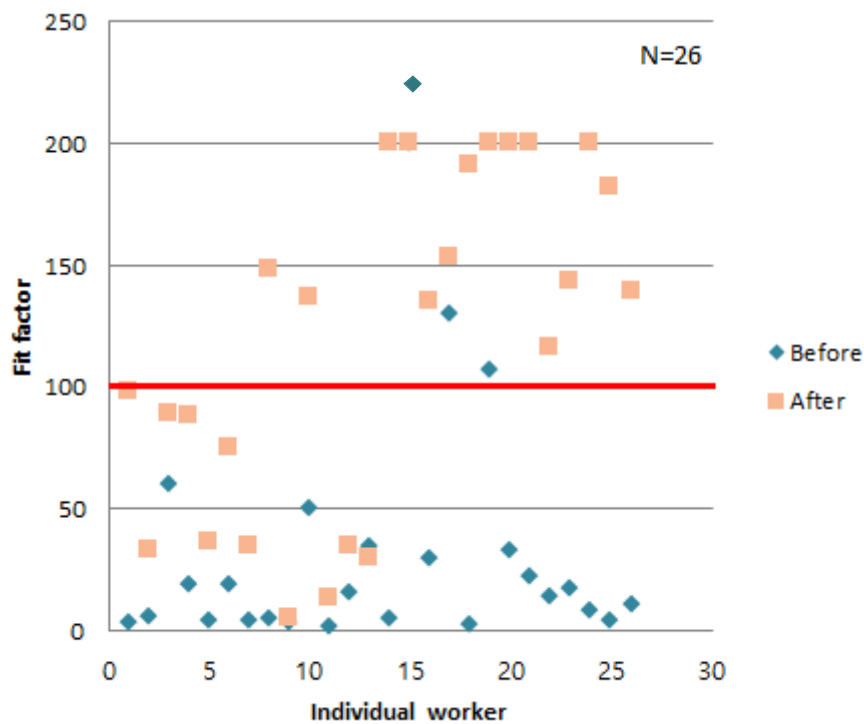


Fig 7. Result of fit test before and after training

안면부 여과식 방진 마스크의 착용방법에 대한 교육 전·후의 밀착도 검사 결과는 Table 2에 표시하였다. 교육 전 밀착도 검사에서 밀착도 통과 기준인 FF>100인 근로자는 전체 26명 중 3명(11.5%)이었고, 통과되지 못한 근로자는 23명(88.5%)으로 나타났다. 교육 후의 통과한 근로자는 15명(57.7%)로 증가하였고, 통과되지 못한 근로자는 11명(42.3%)으로 나타났다. 교육 전 밀착도 검사 시 통과된 근로자의 평균은 140.6, 실패한 근로자의 평균은 10.1으로 나타났다. 검정 통계량을 살펴보면, 유의확률이 0.000이므로 통계적으로 유의한 차이라고 할 수 있다. 교육 후 밀착도 검사 시 통과된 근로자 평균은 166.8이며, 실패한 근로자의 평균은 36.6으로 나타나 유의확률이 0.011이므로 통계적으로 유의한 차이라고 할 수 있다.

Table 2. Comparison on the Fit-test before and after training

Fit test		Pass	Fail	Total
Before training	Number(%)	3(11.5)	23(88.5)	26(100)
	GM(GSD)	140.6(1.1)	10.1(1.6)	13.7(1.8)
	P-value	.000**		
After training	Number(%)	15(57.7)	11(42.3)	26(100)
	GM(GSD)	166.8(1.1)	36.6(1.5)	87.8(1.5)
	P-value	.011*		

*p<0.05, **p<0.01

3.3.2 연령별 교육 전 · 후 비교

연령에 따른 교육 효과는 Fig 8 에 표시하였다. 45세를 기준으로 45세 미만의 기하평균은 교육 전 15.5에서 132.5로 8.6배 증가하였으며, 45세 이상의 연구 대상자는 교육 전 12.2에서 58.2로 4.8배 증가하였다. 따라서 낮은 연령군이 높은 연령군에 비해 1.8배의 교육 효과를 보여주어 연령별 교육 전 · 후의 효과가 유의하게 차이가 있었다.

연령별 밀착도를 비교해보면 교육 전에는 45세 미만인 근로자가 45세 이상의 근로자보다 1.3배 밀착도가 높았고, 교육 후에는 45세 미만 근로자가 45세 이상 근로자에 비해 2.3배 높은 밀착도를 보여주어 낮은 연령군이 전반적으로 밀착도가 높았다.

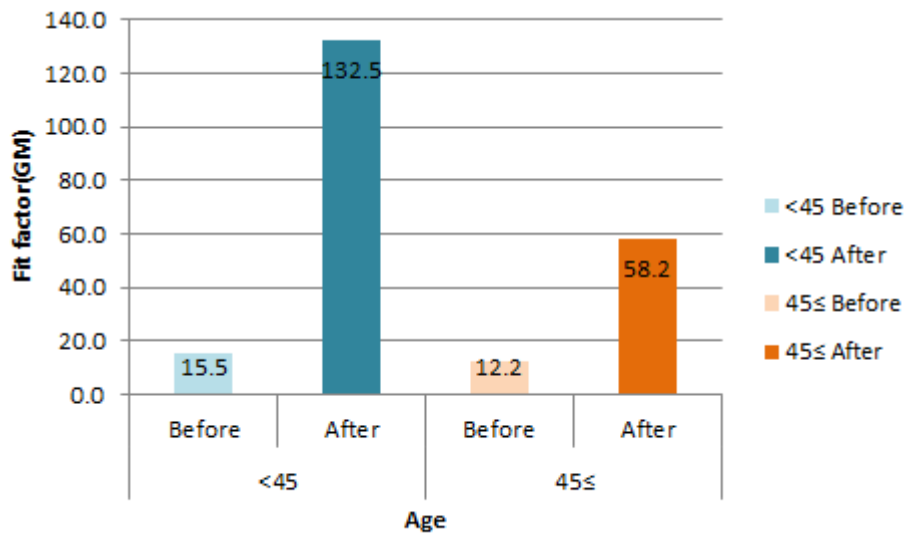


Fig 8. Result of fit test before and after training by age

3.4 FF 검사

3.4.1 동작 간 비교

본 연구의 대상자부터는 노출 원인 파악 및 정확한 측정에 따른 비교를 위해 기존 26명 중 밀착도 통과한 근로자 15명이 연구에 참여하였다. 7가지 동작을 60초씩 실시하여 아래와 같이 동작 간 비교를 위해 기하평균으로 표시하였다(Fig 9). 첫 번째 동작인 정상 호흡 시 밀착도가 167.5로 가장 높았고, 깊은 호흡 147.1, 대화 113.0, 머리 상·하 107.7, 동작 후 정상호흡 105.7, 머리 좌·우 96.9, 숙이기 60.7 순이었다. Overall FF의 경우 통과한 근로자 8명(53.3%)에 대한 GM(GSD)는 124.1(1.1)이었고, 통과되지 못한 근로자 7명(46.7%)에 대한 GM(GSD)는 74.1(1.1) 이다.

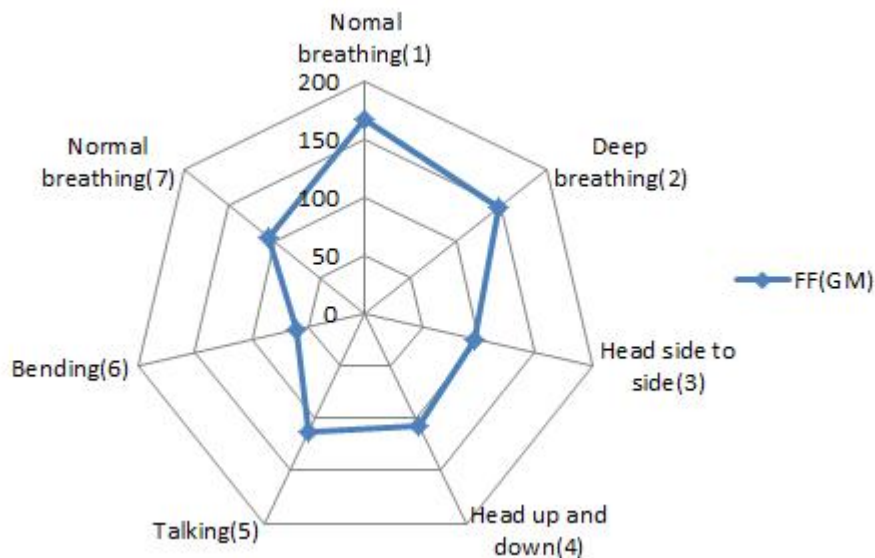


Fig 9. Variation of between FF's exercise

3.4.2 정상호흡 간 비교

교육 전에 동작 수행 시 흐트러진 밀착상태가 다시 회복되는지를 보기 위해 Fig 10와 같이 비교해보았다. 첫 번째의 정상호흡 기하평균(표준편차)은 167.5(1.1) 이었으며, 마지막 동작의 정상호흡은 105.7(1.3)으로, 7가지 동작 종료 후 정상호흡의 밀착계수가 의미 있게 낮았다.

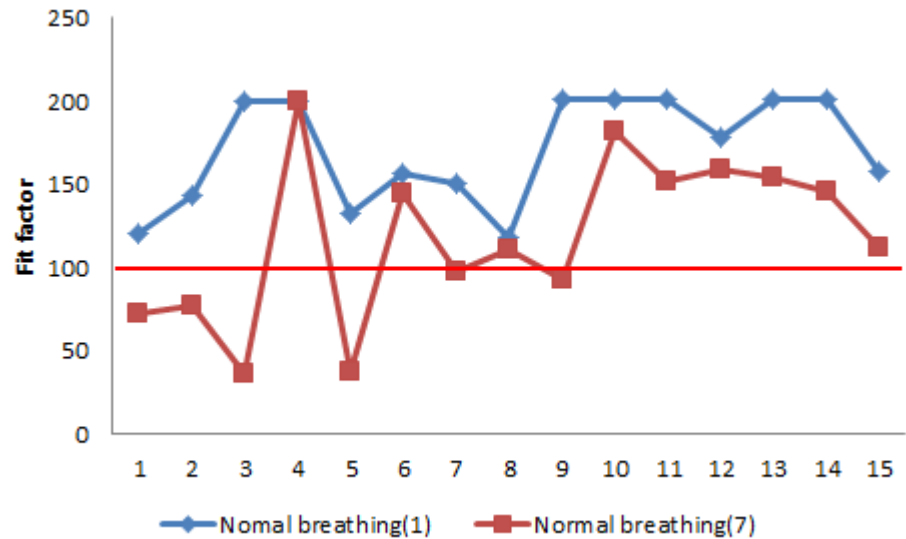


Fig 10. Comparison between fit factor of normal breathing

3.4.3 밀착도에 영향을 많이 주는 동작 간 비교

일반적인 7가지 동작 중 밀착도에 의미 있게 영향을 주는 것은 대화와 모든 동작 후 정상호흡을 수행하는 것이었다. 허리를 숙이는 작업은 밀착도에 의미 있는 차이를 보이지는 않았지만 유의확률이 0.079로 밀착도에 영향을 주는 경향을 보였다.

다른 동작들은 밀착도에 조금씩 영향을 주는 것으로 보였지만 통계적으로 의미 있는 차이는 없었다.

따라서 Overall FF 에 가장 영향을 많이 주는 동작은 동작 후 정상호흡, 대화, 숙이기, 머리좌우, 머리상하, 깊은 호흡, 동작 전 정상호흡 순으로 나타났다.

Table 3. Result regression of Overall FF exercise

Independent variable	Overall FF						
	B	SE	Beta	t	p	R^2	F
Normal breathing	-.235	.132	-.234	-1.774	.119		
Deep breathing	.102	.095	.109	1.074	.319		
Head side to side	.151	.148	.198	1.026	.339		
Head up and down	.093	.104	.161	.891	.402	.956	21.902*
Talking	.212	.067	.428	3.159	.016*		(.000)
Bending	.287	.140	.347	2.055	.079		
Normal breathing	.291	.066	.445	4.394	.003*		

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, $AdjR^2 = .913$

3.5 SWPF 평가

3.5.1 동작 간 비교

FF 검사에 참여한 15명의 대상자로 하여금 가상의 작업환경을 조성하여 모의동작을 통한 밀착도 검사를 실시하였다. 대표적인 동작 7가지에 대한 밀착 변화를 보기 위해 Fig 11 에 나타내었다.

다섯 번째 동작인 지시하는 동작의 밀착도 평균이 84.7로 가장 높았고, 용접 작업이 74.1, 도장 56.8, 중량물 운반 53.3, 절단 작업 48.4, 포장 작업 48.1, 그라인딩 46.6 순이었다.

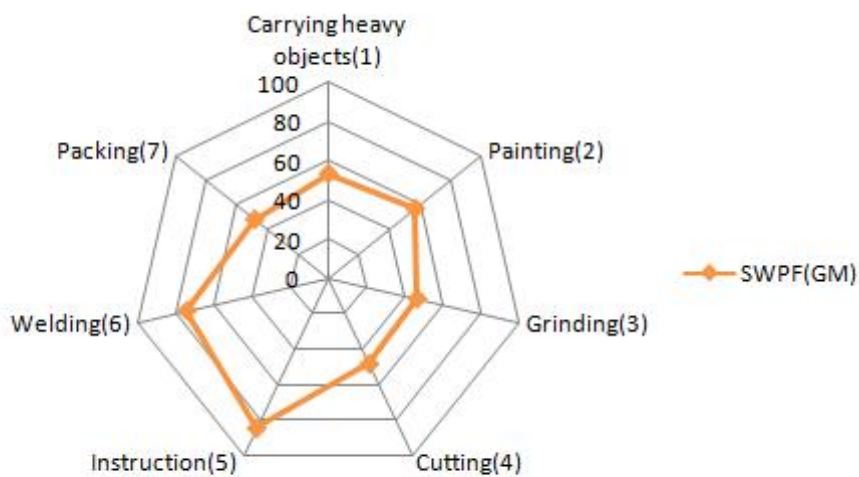


Fig 11. Variation of between SWPF's exercise

3.5.2 밀착도에 영향을 많이 주는 동작 간 비교

실제 사업장에서 대표되는 공정의 7가지 동작 중 밀착도에 의미 있게 영향을 주는 것은 그라인딩 작업이었다.

따라서 Overall SWPF 에 가장 영향을 많이 미치는 동작은 그라인딩, 중량물 운반, 도장, 절단, 용접, 포장, 지시 순으로 나타났다.

Table 4. Result regression of Overall SWPF exercise

Independent variable	Overall SWPF						F
	B	SE	Beta	t	p	R ²	
Carrying heavy objects	.164	.096	.223	1.706	.132		
Painting	.115	.141	.122	.813	.443		
Grinding	.339	.096	.531	3.528	.010*		
Cutting	.109	.094	.121	1.156	.286	.983	56.379** (.000)
Instruction	-.003	.111	-.003	-.023	.982		
Welding	.087	.079	.118	1.091	.312		
Packing	.086	.183	.069	.471	.652		

*p<0.05, **p<0.01, AdR²=.965

3.6 FF와 SWPF 간의 관계

Overall FF와 Overall SWPF 평가 결과는 Fig 12, Fig 13 과 같다. FF의 기하평균이 97.4, SWPF는 51.2로 FF의 밀착도가 상대적으로 높은 수준을 차지하였다($p=0.004$).

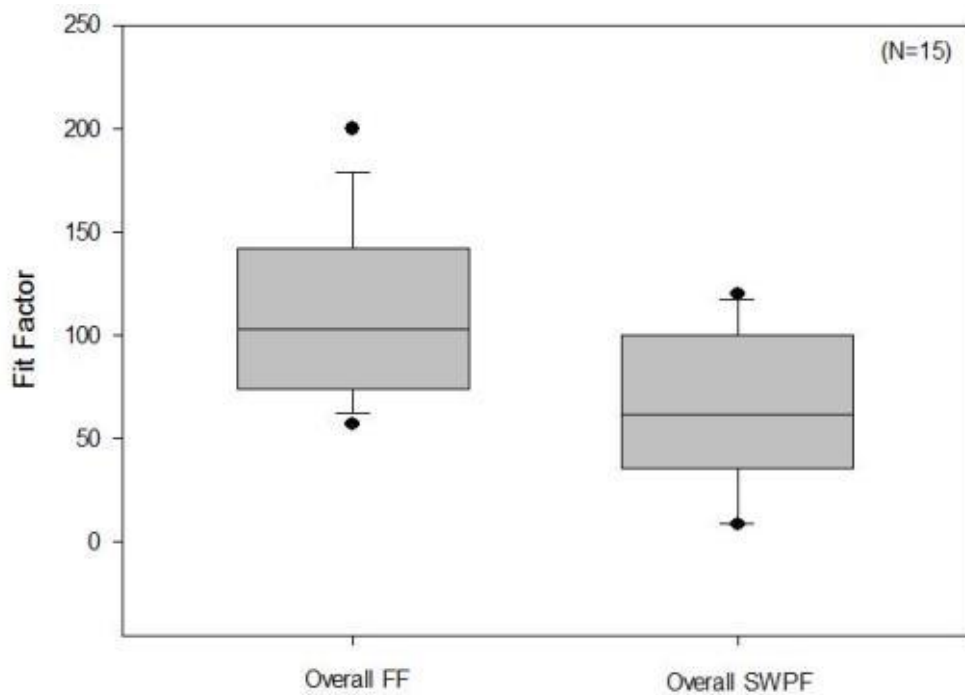


Fig 12. Comparison between fit factor of Overall FF and Overall SWPF

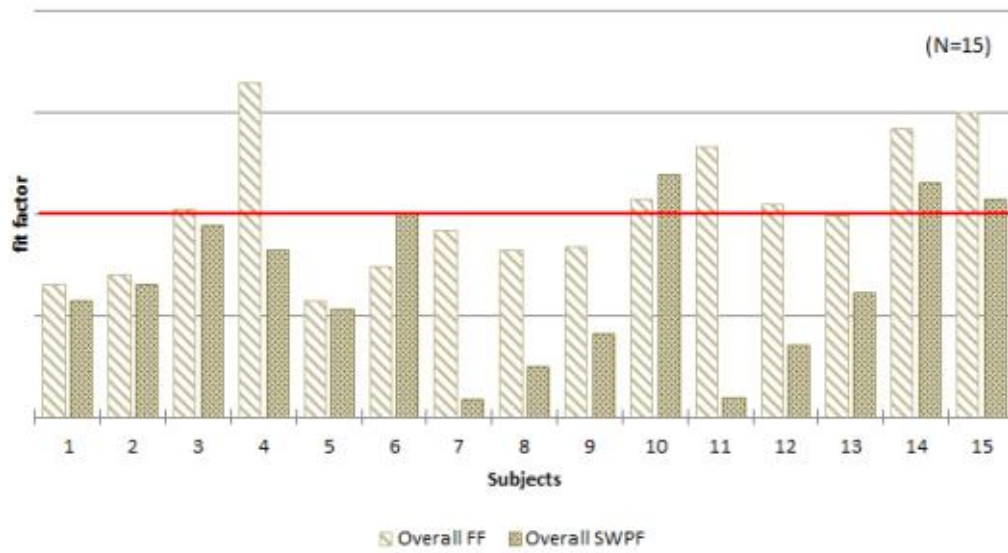


Fig 13. Comparision of exercise Overall FF and Overall SWPF by fit test

15명의 연구 대상자 중 Overall FF 검사 결과 통과한 근로자는 8명(53.3%), 실패한 근로자는 7명(46.7%)이었으며, Overall SWPF에서 통과한 근로자는 4명(26.7%), 실패한 근로자는 11명(73.3%)의 결과가 나왔다(Table5).

FF에서 통과한 8명 중 SWPF 에서 통과한 근로자 3명(37.5%), 실패한 근로자 5명(62.5%)으로 평가되었다. SWPF의 기하평균은 114.3(1.0) 이고, 통과하지 못한 근로자는 44.1(1.5) 으로 검사에 통과한 근로자보다 2.6배 낮았다.

Table 5. Comparison of exercise Overall SWPF by fit test result

	Overall FF			Overall SWPF		
	N	Pass	Fail	N	Pass	Fail
Number (%)	15	8(53.3)	7(46.7)	8	3(37.5)	5(62.5)
GM(GSD)		123.6(1.1)	74.1(1.1)		114.3(1.0)	44.1(1.5)

3.7 실시간 SWPF 평가

SWPF의 동작별 밀착 정도를 정확히 판단하기 위해 FF에서 통과한 대상자 8명에 대하여 동작별로 실시간 5초씩 측정된 SWPF 값의 평균을 산출하여 Fig 14에 나타내었다. 밀착도 검사에 통과한 대상자의 SWPF 평균을 조사해보았다. 지시(106.5), 용접(106.1), 그라인딩(95.6), 도장(88.9), 중량물 운반(84.1), 절단(75.2), 포장(65.4) 순으로 SWPF의 평균 밀착계수가 나타났다. 그 중 실시간 동작별 최고·최저 평균 밀착계수(초)는 Table 6 와 같다.

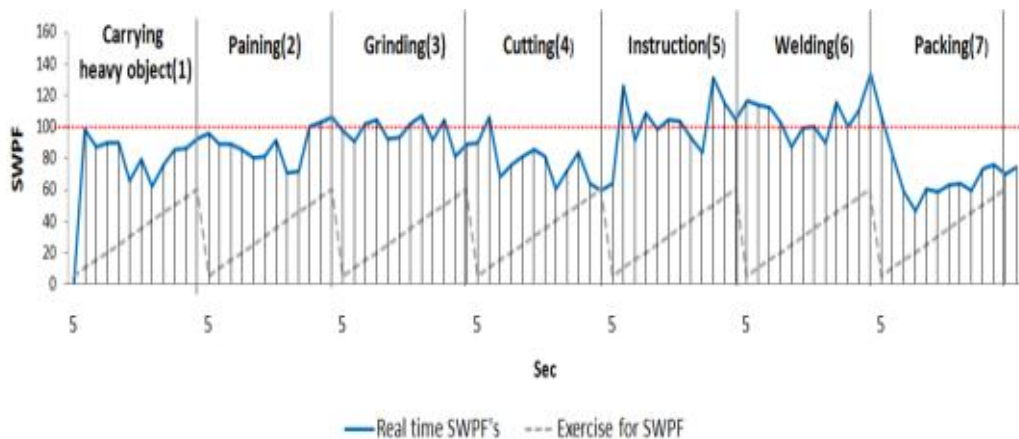


Fig 14. 7 Parts exercise of SWPF

Table 6. Real-time variation of each SWPF exercise

		Exercise of SWPF						
		carrying heavy objects (Sec)	Painting (Sec)	Grinding (Sec)	Cutting (Sec)	Instruct ion (Sec)	Welding (Sec)	Packing (Sec)
SWPF	Max	98.8 (5)	106.3 (55)	107.1 (35)	105.9 (5)	131.0 (45)	133.8 (55)	80.9 (5)
	Min	62.4 (35)	71.0 (35)	81.5 (50)	59.7 (55)	83.4 (40)	87.3 (20)	46.8 (15)

실시간으로 SWPF 평가 시 밀착이 가장 높은 동작은 용접 작업으로 133.8(55초)이었으며 해당 동작은 Fig 15와 같이 머리가 뒤로 약간 젖혀진 상태에서 적응이 어느 정도 이루어져 흐트러진 마스크가 제자리로 돌아온 순간이었다고 판단되며, 밀착이 가장 떨어진 동작은 상체를 90도 숙여서 포장작업이 이루어졌던 순간으로 46.8(15초)인 것으로 조사되었다.

Exercise		
Real-time SWPF	133.8(55sec)	46.8(15sec)

Fig 15. Movement pictures of a real time SWPF

IV. 고 찰

본 연구에서는 유해물질이 발생하는 작업 시 올바른 안면부 여과식 방진마스크 착용으로 밀착도를 높여 근로자에게 노출을 최소화 시키고자 설문지를 통한 인식수준을 파악하고 정량적인 밀착도 검사 방법을 통해 비교·분석하였다.

보호구 착용실태는 10점 만점 중 7.9 점으로 착용을 해야 함에도 불구하고 착용을 하지 않는 근로자가 11명이었다. 착용을 하지 않는 이유는 다양했지만 대부분 답답하고 호흡이 곤란하여 기피하였고, 도움이 되지 않아서, 보호구 안의 습기, 안경으로 인한 불편함 등 이었다.

전반적으로 보호구 착용에 대한 인식이 4.9점으로 낮았지만 밀착에 대한 인식은 7.8점인 것으로 보아 보호구 착용 시 유해인자에 노출이 되지 않도록 밀착에 대한 의식은 어느 정도 하고 있음을 알 수 있었다.

또한 호흡보호구 관련 교육 이수 여부에 따라 밀착도 변화에 큰 차이가 있었다. 한번이라도 교육을 받아 본 근로자는 올바르게 착용하는 방법과 밀착이 잘 이루어질 수 있도록 착용하는 것에 대한 인지를 하고 있었다. 정기적으로 교육을 실시하여 착용에 대한 의식을 향상시키고, 호흡보호구 프로그램을 통한 체계적인 관리가 필요하다.

정상호흡을 통한 밀착도 검사를 통해 평소 착용하는 습관(교육 전)과 교육 후 밀착도 변화를 보았다. 먼저 교육 전 밀착계수의 기하평균은 13.7이고 교육 후 밀착계수는 87.8로 6.4배의 교육 효과를 볼 수 있었다. 그 중 밀착도 검사 통과 기준인 $FF > 100$ 인 근로자는 전체 26명 중 3명(11.5%)이었고, 교육 후 통과한 근로자는 15명(57.7%)으로 증가하였다. 마스크를 착용하더라도 평소 착용 습관으로는 밀착이 현저히 떨어져 유해물질로 인한 보호 효과가 높

지 않음을 알 수 있다. 또한 실제로 보고 느끼는 체험식 교육이 즉각적인 행동 개선에 효과가 있음을 알 수 있다.

통과하지 못한 근로자($FF < 100$)는 교육 전 23명에서 교육 후 11명으로 남성 5명, 여성 6명이 차지하였다. 남성의 경우 왜소한 편이었고 연령이 평균 54세로 대체적으로 높아 주름에 의한 영향이 큰 것이라 사료되며, 여성의 경우 안면부 골격이 작아 전체적으로 코, 볼, 턱에 틈이 생겨 밀착이 제대로 이루어지지 않았다. 또한 실패한 근로자 중 일부는 마스크 착용 시 두 개의 끈을 모두 이용하지 않고 한 개만으로 착용하여 밀착도가 현저히 떨어졌다. 이를 통해 골격의 크기와 주름의 영향, 마스크 끈의 착용 여부에 따라 밀착도에 큰 영향을 미치는 것으로 생각된다.

또한 연령에 따른 교육 전·후 비교를 통해 낮은 연령군에서는 8.6배 교육의 효과가 있었고, 높은 연령군에서는 4.8배의 교육효과가 있었다. 낮은 연령군이 높은 연령군에 비해 1.8배 효과를 보여주었다.

26명의 연구대상자 중 통과한 근로자($ff > 100$) 15명을 대상으로 FF와 SWPF 평가를 실시하였다. 먼저 FF 검사를 통해 각 동작별 밀착변화와 마스크 착용 시 주의해서 착용해야 하는 동작을 알 수 있었다. 밀착계수가 가장 낮은 숙이기 동작($ff = 60.7$)은 반복적인 상체의 움직임으로 인해 안면부에 전체적으로 누설이 되어 밀착률이 떨어졌다. 또한 동작 전 정상호흡의 밀착계수가 167.5이었으나 움직임이 많은 동작을 취하게 됨으로써 밀착계수가 105.7로 약 1.6배 떨어졌다. 이를 통해 제대로 착용을 하더라도 움직임이 있는 동작을 취함으로써 마스크의 밀착도가 떨어지는 것을 알 수 있다.

또한, 실제 사업장의 대표적인 공정 중 움직임이 많은 동작들을 선정하여 중량물 운반, 도장, 그라인딩, 절단, 지시, 용접, 포장 작업에 대한 모의 동작을 통해 실시간 SWPF를 평가하였다. 7가지 모의동작 중 그라인딩 공정은 무릎을 접은 상태에서 팔에 힘을 주어 위아래로 움직이는 반복동작에 의해 밀착

계수가 46.6으로 낮아, 반복 동작 시 유해 물질에 노출될 가능성이 높을 것으로 생각된다.

FF 검사에서 통과한 근로자는 8명, SWPF 평가에서 통과한 근로자 4명이라는 결과를 통해 전체적으로 SWPF로 평가를 하였을 때 통과율이 낮았고 밀착도 또한 낮았다.

FF에서 통과한 근로자를 대상으로 동작별 실시간 SWPF 평가하여 초당 밀착의 변화를 확인하였다. 포장 시 허리를 숙이는 순간 밀착계수가 급격히 떨어진 결과를 볼 수 있었다. 이를 통해 FF와 SWPF 평가 시 밀착계수가 가장 낮게 나온 동작은 공통적으로 숙이는 작업으로, 허리를 구부림으로 인해 밀착에 큰 영향을 미친다고 볼 수 있다.

따라서 포장 작업과 같이, 숙이는 동작이 포함된 공정은 주의하여야 하며 동작이 크고 허리를 굽히는 동작 시 마스크가 안면부로부터 밀착률이 떨어지는 결과를 통해 해당 작업 전 마스크를 재 착용하거나 교정하여 밀착이 잘 될 수 있도록 신경을 써야 할 것이다. 그리고 실제 사업장에서 측정된 결과를 통해 밀착계수가 낮은 동작은 작업에 대한 개선을 모색하거나, 근본적으로 마스크의 크기가 맞지 않는 근로자들을 위해 적합한 보호구 선정 등 밀착도가 높아질 수 있도록 작업환경을 개선시켜 나가야 할 것이다.

정윤석(2001)의 연구에 따르면 FF값이 실제 작업장에서의 보호계수인 WPF값이 현저히 낮아 호흡기 보호구의 보호정도가 높지 않았다. 따라서 밀착도 검사 시 FF 값으로만 판단하는 것 보다는 정확한 측정을 위해 사전에 근무하는 공정의 동작을 파악하여 각 사업장에서 이루어지는 동작에 대한 SWPF 평가 방법을 추가로 적용시켜 보완할 필요가 있다. 또한 사업주 및 근로자들의 올바른 보호구 착용에 대한 인식 변화도 있어야 하겠지만 밀착도 검사가 일상화될 수 있도록 법제화가 우선되어야 할 것이다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 본 연구에서는 26명의 연구 대상자 중 15명

만 FF와 SWPF 평가방법에 적용하였다. 보다 정확한 비교·분석을 위해서는 대상자의 수를 추가하여 연구가 이루어져야 할 것이다. 둘째, 26명의 연구대상자 중 교육 후에도 밀착이 좋지 않아 제외되었던 11명의 대상자들에게 추가로 작은 사이즈 또는 다른 종류의 마스크를 지급 후 밀착 변화를 확인해 볼 필요가 있겠다. 안면부에 밀착이 되지 않는 근로자들을 위해 다양한 보호구를 지급하여 밀착에 영향을 주는 근본적인 요인 파악을 하고 SWPF 평가에 대한 또 다른 결과 및 방안이 제시될 수 있을 것이다.

V. 결 론

본 연구는 안면부 여과식 방진마스크를 착용하는 근로자들을 대상으로 호흡보호구에 대한 기본적인 인식 수준을 파악하고, 밀착도 검사 시 보다 정확하고 현실성 있는 평가방법을 파악해보고자 FF와 SWPF 평가방법을 적용시켰으며 결과는 다음과 같다.

첫째, 보호구 착용관련 교육을 받은 근로자는 한 번도 받아본 적이 없는 근로자보다 밀착도가 유의하게 높았다.

둘째, 교육 전·후의 밀착계수 비교를 통해 6.4배의 교육 효과를 볼 수 있었다. 특히 연령이 낮은 군에서 교육 효과가 높았다.

셋째, 작업 동작 별로 밀착정도에 차이가 있었다. FF 검사의 경우 정상호흡의 밀착계수가 167.5로 가장 높았고, 숙이기 동작의 밀착도가 60.7로 가장 낮았다. SWPF 평가의 경우 지시하는 동작의 밀착도 평균이 84.7로 가장 높았고, 용접 74.1, 도장 56.8, 중량물 운반 53.3, 절단 작업 48.4, 포장 작업 48.1, 그라인딩 46.6 순이었다. 공통적으로 몸을 굽히거나 허리를 숙이는 동작이 마스크의 밀착에 큰 영향을 미쳤다.

넷째, FF와 SWPF 평가 간 비교를 통해 FF가 97.4, SWPF가 51.2로 SWPF 평가 결과가 의미있게 낮았다.

따라서 정기적인 호흡보호구 관련 교육을 실시하여 올바른 보호구를 착용 후 작업이 이루어 질 수 있도록 관리하여야 하며 호흡보호구 밀착도 프로그램을 통한 체계적인 관리가 필요하다. 그리고 밀착도 검사 시 FF검사 뿐만 아니라 SWPF 평가가 사업장의 실제 동작에 대한 현실적인 평가 방법으로 적용되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

고용노동부. 보호구 안전인증 고시. 고시 제2014-46호, 2014

김현욱, 김강윤. 호흡보호구 디자인을 위한 삼차원 얼굴인식 및 측정에 관한 고찰. 한국산업위생학회지 2001;11(2):92-101

이기영, 양원호. NIOSH 인증 N95 호흡용보호구의 정량적 밀착도 검사. 한국산업위생학회지 2002;12(3):141-45

한국산업안전보건공단. 호흡보호구의 올바른 착용방법 및 관리에 관한 지침 (KOSHA GUIDE H-159-2014), 2014

한국산업안전보건공단. 호흡용 보호구의 사용지침(KOSHA GUIDE H-82-2015), 2015

한돈희, 이주명. 한국인의 얼굴체형에 알맞은 반면형 마스크의 개발(2). 한국산업위생학회지 2004;14(1):8-17

한돈희, Klaus Willeke. 호흡기 보호구 착용시 움직임과 매일 착용에 따른 Fit Factors의 변화. 한국산업위생학회지 1996;6(2)

한돈희, Willeke K, Colton CE. 호흡용보호구의 Fit Test 방법과 규정에 관한 고찰. 한국산업위생학회지 1996;6(1):38-54

American National Standards Institute(ANSI). American National Standard for Respiratory Protection(ANSI Z88.2-1992). New York, 1992

Canadian Standards Association. Z94.4-93, Selection, Use, and care of Respirators. Rexdale, Ontario, Canada, 1993

Colton CE, Birkner LR, Brosseau LM (eds). Respiratory Protection: A Manual and Guideline, 2nded., Fairfax, VA, American Industrial Hygiene Association, 1991

European Standards: EN 136 Respiratory Protective Devices: Full-face masks; Requirements, testing, marking. European Committee for Standardization, 1998

Han Don-Hee, Willeke K, Colton CE. Quantitative fit testing techniques and regulations for tight-fitting respirators : Current methods measuring aerosol or air leakage, and new developments. Am Ind Hyg Assoc J 1997;58(3):219-228

Kolesar ES, DJ Cosgrove, De La Barre CM, Theis CF. Comparison of respirator protection factors measured by two quantitative fit test methods. Aviation, Space, and Environmental Medicine, November, 1982:1116-1122

Laird IS, Pack RJ, Carr DH. A Survey on the Use and Nonuse of Respiratory Protective Equipment in Workplace in a Provincial New Zealand City. *Ann Occup Hyg* 1993;37(4):367-75

Matthew GD, Robert BL, James ES, Christopher CC. Simulated Workplace Protection Factors for Half-Facepiece Respiratory Protective Devices. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 2007;4:420-431

Myers WR, SW Lenhart, D Campell, G Provost. Letter to the editor. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 1983; 44(3):B25-B26

National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH). NIOSH Guide to Industrial Respiratory Protection, U.S Department of Health and Human Services, 1987

National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH). Guide to the selection and use of particulate respirators certified under 42 CFR Part 84, 1996

National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH) (2). Respirator Decision Logic (DHHS/NIOSH Pub. No 87-108), Washington, D.C., Government Printing Office, 1987;50-51

OSHA regulation. CFR(Code of Federal Regulations). Respiratory Protection Title 29, Part 1910.134, 1998

TSI Inc. PortaCount Pro 8030 and PortaCount Pro+ 8038 Respirator fit testers Operation and Service Manual. 2012

Standards Australia and Standards New Zealand. AS/NZS 1715,1716, Respiratory Protective devices, selection, use and maintenance of respiratory protective devices. Homebush, NSW 2140 Australia, 1994

= ABSTRACT =

An Evaluation of SWPF(Simulated Workplace
Protection Factor) based on working movement of
workers wearing particulate filtering facepiece
respirators

Lee Ah Rum

Graduate School of Public Health

Yonsei University

(Directed by Professor Jong Uk Won, M.D., Dr.PH)

The fitness between face and filtering facepiece respirator is important to protect workers from harmful materials. The purpose of this study is to suggest the effective fit test method to increase the fit between face and filtering facepiece respirator. 26 workers who usually wear filtering facepiece respirator were participated in this study. They were tested the fitness for the respirator before and after education. Among them, 15 workers passed the education and test. Finally these workers were participated in the fit factor(FF) test and

the simulated workplace protection factor(SWPF) test.

The study results show the fit factor of the workers who were trained for wearing particulate filtering facepiece respirators was 1.1 times higher than that of the workers who were not. After the education the fit factor became 6.4 times higher. The younger the workers were, the higher the efficiency of the education was ($p=0.03$). Fitness was tested for each working movement and the fitness was better in the order of normal breathing before movement, deep breathing, conversation and head up and down, normal breathing after movement, head left and right and bending. For the SWPF test, the fitness was better in the order of conversation(instruction), welding, painting, carrying heavy objects, cutting, packing and grinding.

The mask is continuously loosen from the face while participants are bending their waists. The FF and SWPF tests were compared and found that SWPF showed 1.9 times lower fit than FF ($p=0.004$).

Accordingly, it is necessary to conduct a regular education of wearing filtering facepiece respirator, and not only FF test but also SWPF test should be focused more on accessing actual behavior during the fit test.

Key Words : fit test, fit factor, simulated workplace protection factor, particulate filtering facepiece respirators, FF, SWPF